

09/554599

25.11.98

EU

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D	22 JAN 1999
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1997年11月26日

出願番号
Application Number:

平成 9年特許願第324167号

出願人
Applicant(s):

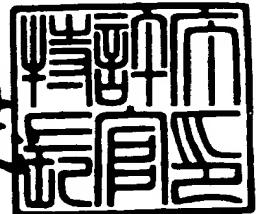
三菱電線工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT

1999年 1月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伊佐山建志



出証番号 出証特平10-3103767

【書類名】 特許願
【整理番号】 MD970216
【提出日】 平成 9年11月26日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 5/18
【発明の名称】 ファイバグレーティング
【請求項の数】 5
【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内
【氏名】 今村 一雄
【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内
【氏名】 中井 忠彦
【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内
【氏名】 須藤 恒秀
【特許出願人】
【識別番号】 000003263
【氏名又は名称】 三菱電線工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100077931
【弁理士】
【氏名又は名称】 前田 弘
【選任した代理人】
【識別番号】 100094134
【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100107445

【弁理士】

【氏名又は名称】 小根田 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702019

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ファイバグレーティング

【特許請求の範囲】

【請求項1】 書き込み対象である光ファイバがコア及びクラッドに対し紫外線透過型樹脂の被覆層により被覆されたものであり、上記紫外線透過型樹脂の被覆層の外側から紫外線を照射することにより上記コアに対しプラックグレーティングが書き込まれてなることを特徴とするファイバグレーティング。

【請求項2】 請求項1において、

紫外線透過型樹脂の被覆層は、少なくともプラックグレーティング書き込み用の特定波長帯の紫外線を透過する特性を有していることを特徴とするファイバグレーティング。

【請求項3】 請求項2において、

紫外線透過型樹脂の被覆層は、プラックグレーティング書き込み用の特定波長帯よりも短い波長域または長い波長域の紫外線を吸収して硬化する特性を有していることを特徴とするファイバグレーティング。

【請求項4】 請求項1または請求項2において、

コアが接続対象の光ファイバのコアと同等のGeに加え少なくともSnが共にドープされて製造されたものであることを特徴とするファイバグレーティング。

【請求項5】 請求項1、請求項2または請求項4のいずれかにおいて、

光ファイバは、プラックグレーティングが書き込まれた状態で紫外線透過型樹脂の被覆層の外表面が2次被覆層により被覆されており、

上記2次被覆層は、正の線膨張係数を有する光ファイバのガラス部の温度変化に対する膨張を打ち消すよう負の線膨張係数を有する素材により形成されていることを特徴とするファイバグレーティング。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバのコアに対し縞状に屈折率に差をつけた回折格子（グレーティング）を書き込み、このグレーティングによってそのグレーティングに対応した特定波長（Bragg 反射波長）の光を反射させるデバイスもしくはフィルタとして用いられるファイバグレーティングに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、この種のファイバグレーティングとして、光ファイバのコアに対しグレーティングを2光束干渉法もしくは位相マスク法等によって書き込まれたものが知られている（例えば、特開平6-235808号公報、特開平7-140311号公報、特許第2521708号参照）。このようなファイバグレーティングでは、ゲルマニウム（Ge）をドープした石英ガラス（コア）に対しコヒーレントな紫外レーザー光を照射することにより該当箇所に光誘起屈折率変化を生ぜしめてブレッジ（Bragg）グレーティングが生成（書き込み）されるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、書き込み対象である光ファイバは、一般に、コア及びクラッドに対し紫外線を吸収して硬化反応を生じる紫外線硬化型樹脂等による被覆層が被覆されたものであり、紫外線照射により上記のブレッジグレーティングを書き込むには、上記の2光束干渉法もしくは位相マスク法等にしても通常は書き込み対象部位の被覆層を除去した状態で行われ、ブレッジグレーティングの書き込み終了後に、その被覆層除去部分に対し再被覆が行われている。

【0004】

ところが、上記被覆層を除去すると、光ファイバ素線の外表面（クラッドの外表面）が外気と接触することになり、書き込み作業期間における空気との接触により光ファイバ素線に劣化が進行して伝送特性の悪化を招くおそれがある。その

上に、上記書き込み対象部位の被覆層の除去は光ファイバ素線に対する損傷防止のために機械的手段ではなく例えば薬品により溶解させる化学的処理により行われ、この被覆層の除去工程に手間がかかるためプラッググレーティング書き込みを大量処理する上で効率を阻害する要因となっている。

【0005】

一方、被覆層を除去しないで被覆層の外側から紫外線を照射することによりプラッググレーティングの書き込みを有効に行うには、書き込み対象の光ファイバのコア部分の光誘起屈折率変化に対する感度（フォトセンシティビティ）を高めることが考えられる。このフォトセンシティビティを高める、すなわち、比較的大きな光誘起屈折率変化を生じさせる手法として、書き込み対象のコアとして、通常濃度（コア／クラッドの比屈折率差が例えば0.9%になる程度の濃度）よりも高濃度（比屈折率差が例えば1.5～2.0%になる程度の濃度）のGeをドープしたコアを用いるか、もしくは、通常濃度のGeをドープした後に高圧下で水素を充填したコアを用いることが提案されている（電子情報通信学会論文誌 Vol.J79-C-1, No.11, 415頁, 1996年11月参照）。

【0006】

しかしながら、上記の高濃度のGeをドープしたコアを用いてファイバグレーティングを製作した場合、このファイバグレーティングをフィルタ等として使用するために通常の光ファイバに介装すると、上記ファイバグレーティングに対し接続（融着）される光ファイバのコアが通常濃度でGeドープされた通常仕様のものであるため両コア間の整合がとれず、Geドープの濃度の差に起因して接続損失が増大してしまうという不都合が生じることになる。一方、上記の高圧水素充填を施したコアを用いてファイバグレーティングを製作しようとすると、充填した水素が時間の経過と共に拡散し、比較的短期間（例えば数日間）で水素充填前の状態に戻ってしまうため、紫外線照射によるプラッググレーティングの形成期間がかなり短期間に制限されてしまう上に、上記の水素抜けを考慮して書き込む必要があるため紫外線照射の波長制御が困難になるという不都合が生じる。

【0007】

さらに、プラッググレーティングが書き込まれたファイバグレーティングが温

度変化の影響を受けたり、外部からの張力の影響を受けて伸び縮みするとプラックグレーティングの反射波長がシフトしてしまうため、ファイバグレーティングとしては機械的強度特性及び温度変化が生じても伸び縮みしないような安定した温度特性を具備する必要がある。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、伝送特性の悪化を招くことなく容易にプラックグレーティングの書き込みを可能とし得るファイバグレーティングを提供することにある。加えて、伝送特性の安定化のみならず温度特性の安定化をも図り得て信頼性の高いファイバグレーティングを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、書き込み対象である光ファイバをコア及びクラッドに対し紫外線透過型樹脂の被覆層により被覆されたものとし、上記紫外線透過型樹脂の被覆層の外側から紫外線を照射することにより上記コアに対しプラックグレーティングが書き込まれてなる構成とするものである。

【0010】

上記の構成の場合、コア及びクラッドに対し被覆されている被覆層が紫外線透過型樹脂により形成されているため、上記被覆層の外側から紫外線を照射してもその紫外線が被覆層を透過してコアまで有効に照射されてそのコアに対しプラックグレーティングを有効に書き込むことが可能になる。従って、プラックグレーティングの書き込みが被覆層を除去することなしに可能であるため、被覆層の除去に伴う伝送特性の悪化を招くことなく、しかも、その被覆層除去の工程を省略して容易にファイバグレーティングの製造が可能になる。

【0011】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明における紫外線透過型樹脂の被覆層として、少なくともプラックグレーティング書き込み用の特定波長帯の紫外線を透過する特性を有する構成とするものである。

【0012】

上記の構成の場合、紫外線透過型樹脂の被覆層として好ましいものが具体的に特定される。すなわち、上記被覆層としてはプラッググレーティング書き込み用の特定波長帯、例えば240 nm～270 nmの波長帯の紫外線を透過するものであればよい。

【0013】

請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明における紫外線透過型樹脂の被覆層として、プラッググレーティング書き込み用の特定波長帯よりも短い波長域または長い波長域の紫外線を吸収して硬化する特性を有する構成とするものである。

【0014】

上記の構成の場合、紫外線透過型樹脂の被覆層としてより好ましいものが具体的に特定される。すなわち、上記被覆層としては上記の特定波長帯の紫外線を透過するためプラッググレーティングの書き込みが被覆層の外側からの紫外線照射により可能になると同時に、被覆層形成時において紫外線を吸収して被覆層が硬化されて光ファイバの保護被覆としての役割を果たすことになる。

【0015】

また、請求項4記載の発明は、請求項1または請求項2記載の発明におけるコアとして、接続対象の光ファイバのコアと同等のGeに加え少なくともSnが共にドープされて製造されたものとするものである。なお、上記のGe及びSnのドープ量としては、Geをクラッドに対するコアの比屈折率差が0.9%になる程度の量とする一方、Snを濃度10000 ppm以上とするのが好ましい。中でも、共ドープするSnの量としては、濃度10000～15000 ppmとするのが好ましい。

【0016】

上記の構成の場合、共ドープされたSn(錫)によってコアの光誘起屈折率変化が通常濃度のGeをドープしただけのコアと比べ定的に増大することになり、この結果、紫外線を照射した場合に通常濃度のGeをドープしただけのコアと比べ増大して反射率が増大することになる。すなわち、プラッググレーティング

により反射される特定波長（プラッグ波長） λ_B は次の(1)式により表され、そのプラッグ波長の光を反射する反射率 R_B は(2)式により表される。

【0017】

【数1】

$$\lambda_B = 2 \cdot n \cdot P \quad \text{----- (1)}$$

n : 実効屈折率

P : グレーティングピッチ

【0018】

【数2】

$$R_B = \tanh^2(\pi \cdot L \cdot \Delta n \cdot \eta / \lambda_B) \quad \text{----- (2)}$$

L : グレーティング長

 Δn : 屈折率変調分 η : コア領域に含まれる伝搬光エネルギー

【0019】

ここで、上記の S_n を共ドープすることにより紫外線を照射した場合に上記の(2)式における屈折率変調分 Δn が通常濃度のGeをドープしただけのコアと比べ増大し、その結果、反射率 R_B が増大することになる。従って、被覆層を紫外線透過型樹脂により形成することによって被覆層を除去することなしにプラッググレーティングの書き込みを有効に行い得ることになる上に、上記の S_n の共ドープによって書き込まれるプラッググレーティングの反射率の増大効果が得られることになる。

【0020】

しかも、Geドープの濃度は接続対象の光ファイバのコアと同等であるため、通常仕様の光ファイバと接続しても接続損失の増大を招くこともない。さらに、高圧水素充填を行わなくても、上記の S_n の共ドープによって反射率の増大が定

常的に得られるため、上記の高圧水素充填を行った場合のプラックグレーティングの形成期間に対する制限を受けることもない。

【0021】

ここで、紫外線照射に対する光誘起屈折率変化のメカニズムについては、Ge原子とSiO₂（石英ガラス）との結合が紫外線照射により変化して屈折率変化を生じるとするクラマースークローニッヒ機構に基づく考え方、ガラス結合が紫外線照射により切断されてガラス構造の潰れが生じ、これにより、密度が増大して屈折率が上昇するとする圧縮モデルに基づく考え方、または、双極子モデルに基づく考え方等の種々のものが提案されているが、未だ完全には解明されていないのが実情である。そして、上記のSnの共ドープにより光誘起屈折率変化が増大するメカニズムについても定かではないが、本願発明者は、手間とかなりの期間（例えば2週間）を要する上にプラックグレーティングの形成期間に制限がある高圧水素充填という手段を用いることなく、しかも、接続損失を招くことのないようにGeのドープ量を通常仕様と同等にすることを前提にして、コアに対するドープ物質について種々の検討・試験を行った結果、上記のSnの共ドープを行えば従来の不都合を招くことなく反射率を増大させ得ることを見出だした。

【0022】

さらに、請求項5記載の発明は、請求項1、請求項2または請求項4のいずれかに記載の発明における光ファイバとして、プラックグレーティングが書き込まれた状態で紫外線透過型樹脂の被覆層の外表面が2次被覆層により被覆されたものとし、上記2次被覆層として、正の線膨張係数を有する光ファイバのガラス部の温度変化に対する膨張を打ち消すよう負の線膨張係数を有する素材により形成する構成とするものである。上記の如き負の線膨張係数を有する2次被覆層としては、例えば液晶高分子ポリマー（LCP；Liquid Crystal Polymer）を用いて形成すればよい。

【0023】

上記の構成の場合、温度変化、例えば温度上昇が生じてコア及びクラッドが膨張傾向になっても、2次被覆が収縮傾向となって上記コア及びクラッドの膨張傾向を抑制してその膨張傾向を打ち消すことになる。その結果、ファイバグレーテ

イングは温度変化を受けても伸縮することなく温度変化前の状態と同じ状態に保持され、すなわち、温度変化に対する安定性の向上が図られ、これにより、伸縮に起因する反射波長のシフトも防止・抑制され、確実に同じ反射機能の維持が図られる。ここで、上記の膨張傾向となるコア及びクラッドと、収縮傾向となる2次被覆との間で両境界面に密着する紫外線透過型樹脂による一次被覆層が伸び縮みを打ち消し合う緩衝層としての役割を果たすことになる。また、この2次被覆層をブレーリンググレーティングの書き込み部位のみならず、ファイバグレーティングを構成する光ファイバの全長に亘り連続して形成することにより、上記の温度変化に対する安定性向上のみならず、外部張力に対する機械的強度特性の向上をも図されることになる。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0025】

図1は、本発明の実施形態に係るファイバグレーティングの製造方法の一例を説明するものであり、1はファイバグレーティングを構成する書き込み対象の光ファイバとしての所定長さの光ファイバ心線、2はブレーリンググレーティング（回折格子）21が書き込まれるコア、3は上記光ファイバ心線1のクラッド、4はこのクラッド3の外表面に被覆された一次被覆層である。

【0026】

上記光ファイバ心線1のコア2は、通常仕様の光ファイバと同等のGeに加えSn、或いは、Sn及びAlが共ドープされて製造されたものである。ここで、通常仕様の光ファイバとは上記光ファイバ心線1に対し接続される接続対象の光ファイバ心線のことであり、このような光ファイバ心線はそのコアに対し比屈折率差が0.9%となる程度の量のGeがドープされて製造されたものである。そして、上記光ファイバ心線1のコア2には、上記の通常仕様の光ファイバのコアと同量（比屈折率差が0.9%となる程度の量）のGeに加え、濃度10000ppm以上、好ましくは濃度10000～15000ppmのSn、或いは、このような濃度のSn及び濃度1000ppm以上のAlが共ドープされている。

【0027】

上記のドープは種々の公知の方法により行えばよく、例えば浸漬により行う場合には、上記Ge やSn の化合物 (Sn の場合、例えば $SnCl_2 \cdot 2H_2O$) をメチルアルコールと混合し、その溶液の中に浸漬すればよい。

【0028】

また、上記一次被覆層4は紫外線を透過する特性を有する紫外線透過型の樹脂により形成されたものである。この一次被覆層4としては、プラッググレーティング21の書き込みのために照射される紫外線の特定波長帯（例えば240 nm～270 nmの波長帯）を少なくとも透過させるものであればよく、特に好ましくは上記特定波長帯の紫外線を殆ど吸収せずに透過させる一方、上記特定波長帯よりも短い波長または長い波長の紫外線を吸収して硬化反応を生じさせるものが用いられる。つまり、同じ樹脂ではあるが波長によって紫外線吸収特性が異なり、上記特定波長帯では紫外線透過型である一方、上記特定波長帯よりも短い波長域または長い波長域では紫外線硬化型であるような樹脂により上記一次被覆層4を形成するのが最も好ましい。このような樹脂としては、ウレタン系アクリレートもしくはエポキシ系アクリレートに対し例えば240 nmよりも短い波長域または270 nmよりも長い波長域の紫外線を受けて硬化反応を開始・促進させるような光開始剤（フォトイニシエータ）を配合したものを用いればよい。

【0029】

次に、上記の如くGe と、所定濃度のSn またはSn 及びAl とが共ドープされて製造されたコア2と、紫外線透過型樹脂により被覆された一次被覆層4とを有する光ファイバ心線1に対しプラッググレーティング21の書き込みを行う。このプラッググレーティング21の書き込みは周知の種々の方法を採用して行えばよく、例えば位相マスク法により行う場合には、図1に示すように上記光ファイバ心線1の側方直前に格子状の位相マスク5を配設し、この位相マスク5に対し紫外レーザー光をシリンドリカルレンズ系6を介して照射すればよい。この場合、例えばNd-YAGレーザの4倍波長である266 nmのコヒーレント紫外光を照射すればよい。これにより、コア2に対し上記の位相マスク5の格子ピッチに対応したグレーティングピッチのプラッググレーティング21が書き込まれる

ことになる。

【0030】

このプラッググレーティング21の書き込みに際し、光ファイバ心線1の外表面層を構成する一次被覆層4が紫外線透過型樹脂により形成されているため、照射された紫外レーザ光を透過させて書き込み対象のコア2に対し有効に照射させることができ、そのコア21に対しプラッググレーティング21の書き込みを有効に行うことができるようになる。従って、一次被覆層を除去することなしにプラッググレーティング21の書き込みを容易に行うことができ、従来の如く面倒な被覆層の除去作業を省略することができる。これにより、ファイバグレーティングの大量製造が容易にかつ効率的に行い得るようになる。

【0031】

その上に、書き込み対象のコア2がGeに加え、SnもしくはSn及びAlが共ドープされたものであるため、上記紫外レーザー光の照射を受けて比較的大きな光誘起屈折率変化を生じさせ（フォトセンシティビティの高感度化）、高反射率のプラッググレーティング21の形成が可能になる。しかも、このようなプラッググレーティング21の高反射率化が通常仕様の光ファイバのものと同等のGeドープ量のままで達成できるため、ファイバグレーティングを構成する光ファイバ心線1の両端に対し通常仕様の光ファイバ心線を接続してもGeドープ量の非整合に伴う接続損失が発生するおそれもなく、さらに、上記光誘起屈折率変化の増大化が定常的なものであるため、高圧水素充填による高反射率化の場合に受けるプラッググレーティングの形成期間の制限が生じることはない。

【0032】

そして、上記の如くプラッググレーティング21が書き込まれた光ファイバ心線1の一次被覆層4の外表面に対し、図2に示すように、さらに負の線膨張係数を有する2次被覆層7を上記光ファイバ心線1の全長に対し連続して被覆することにより、ファイバグレーティングを構成する最終的な光ファイバ心線1' とされる。

【0033】

上記2次被覆層7は、コア2及びクラッド3からなるガラス部Fの温度変化に

対する伸び縮みを抑制してそれを打ち消す方向に伸び縮みをし、結果としてファイバグレーティング全体の温度変化に対する伸び縮みを可及的に抑制・防止し得る温度特性を有するように構成されている。具体的には、上記2次被覆層7は、上記ガラス部Fが有する正の線膨張係数とバランスするような値の負の線膨張係数を有する樹脂により形成される。より詳しくは、上記ガラス部Fの正の線膨張係数にその硬さ（ヤング率）及び断面積をも加味したガラス部Fの温度特性に対し、上記2次被覆層7の負の線膨張係数にその硬さ（ヤング率）及び断面積を加味した2次被覆層7の温度特性がバランス、すなわち、正負の温度特性がバランスするように上記2次被覆層7の負の線膨張係数、ヤング率、及び、断面積（2次被覆層7の外径もしくは層厚）が定められる。

【0034】

このような方針の基に定められる上記2次被覆層7の具体仕様の例を図3に基づいて説明する。上記ガラス部Fの正の線膨張係数を0.6 ppm/°C、ヤング率を73 GPa、断面積を0.0123 mm²（外径0.125 mm）、及び、一次被覆層4の外径を0.25 mmとした場合の2次被覆層7の具体仕様は、その2次被覆層7の断面積、線膨張係数及びヤング率をパラメータとして図3の如くなる。すなわち、2次被覆層7のヤング率を10 GPa、30 GPa、50 GPa、に設定し、外径を種々変化させて断面積を変化させた場合に、ガラス部Fの正の温度特性とバランスさせる上で必要となる2次被覆層7の負の線膨張係数が図3から得られることになる。これによると、断面積が0.1 mm²以下の極めて小さい領域を除き、断面積の如何に拘らず-5 ppm/°C～-10 ppm/°Cの線膨張係数を2次被覆層7が有していればよいことになる。加えて、特性としてはヤング率の値が高い（硬い）程、絶対値でより小さい負の線膨張係数でよい一方、ヤング率の値が低い（軟らかい）程、温度変化に対しより大きく縮む必要のあることから絶対値でより大きな負の線膨張係数を有することが必要となるものの、ヤング率の高低に対する負の線膨張係数の変動は比較的狭い範囲に限られている。しかも、上記の断面積が極めて小さい場合をも含め、2次被覆層7が必要とする線膨張係数は-5 ppm/°C以下に設定すればよいことになる。このような2次被覆層7の形成に用いる樹脂としては、例えば、-5 ppm/°C以下

の線膨張係数と、10 GPa 以上のヤング率を有する液晶高分子材料である Vectra A 950（ポリプラスチックス株式会社製品名）を用いればよい。

【0035】

なお、上記図3の場合における一次被覆層4の線膨張係数は100 ppm/°C、また、ヤング率は1～500 MPa である。

【0036】

上記の如き負の線膨張係数を有する2次被覆層7がファイバグレーティングを構成する光ファイバ心線1'に対し被覆されているため、上記ファイバグレーティングが温度変化を受けても伸び縮みの発生が抑制・防止され、書き込まれたブランググレーティング21の機能、つまり、特定波長の光を反射する機能を所期のものと同じに維持させることができるようになる。すなわち、上記ファイバグレーティングのガラス部は正の線膨張係数を有しているため雰囲気温度の上昇に伴い膨張して伸びようとするものの、2次被覆層7が負の線膨張係数を有しているため上記温度上昇に伴い縮もうとする。このため、上記ガラス部Fの伸長力と、2次被覆層7の縮小力とが一次被覆層4を介して互いに干渉してバランスすることになり、この結果、上記ガラス部Fの伸長が抑制・防止されて温度上昇前の状態と同じ状態に維持されることになる。

【0037】

加えて、上記の2次被覆層7がファイバグレーティングを構成する光ファイバ心線1'に対しブランググレーティング21の書き込み部位の局部的にではなくその光ファイバ心線1'の全長に亘り連続して被覆されているため、上記のガラス部Fの伸長力と、2次被覆層7の縮小力とのバランスが光ファイバ心線1'の全長に亘り発揮されることになり、この結果、ファイバグレーティング全体としての機械的強度特性の安定化をも図ることができるようになる。

【0038】

以上のようなブランググレーティング21が書き込まれたファイバグレーティングの用途としては、以下のようなものがある。例えば、分波器もしくは合波器として用いる場合には、図4に示すように比較的狭い幅の多くの異なる波長 λ_1 ～ λ_n の光を伝送する場合に、その内の特定波長 λ_i の光だけを反射させその特

定波長 λ_i の光をサーキュレータ8を介して分波させればよく、このような構成にして例えばAdd-Drop型波長多重通信の分野において用いられる。

【0039】

また、図5に示すようにチャーブトファイバグレーティング21'をすることで多層膜フィルタの代用品として用いることができる。すなわち、複数の波長帯($\lambda_1 \sim \lambda_n$)の内から特定波長帯(中心波長 λ_i)の光を反射させることにより上記特定波長帯の光をカットし、その特定波長帯を除く波長帯の光を透過させるようにするものである。上記のチャーブトファイバグレーティング21'の応用例としては、特定波長帯の内でも長波長側の光が早期に反射される一方、短波長の光が遅れて反射されるという遅延特性を利用して、そのような反射波をサーキュレータにより取り出して分散状態で伝送させるという分散補償器として用いきることもできる。

【0040】

さらに、図6に示すように増幅媒体9を挟んで両側にプラックグレーティング21, 21'を形成することにより、各プラックグレーティング21をレーザーミラーとしての役割を果たさせて共振器を構成することができる。すなわち、特定波長の光を増幅媒体9を挟んで両側のプラックグレーティング21, 21'で相互に反射させるようにするものである。

【0041】

本実施形態では、上記の如き各用途においてプラックグレーティング21, 21'の高反射率化が図られるため、特定波長もしくは特定波長帯の光をほぼ完全に反射させることができ、その特定波長もしくは特定波長帯の光のほぼ全てを取り出しあるは遮断することができるようになる。

【0042】

<他の実施形態>

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形態を包含するものである。すなわち、上記実施形態では、Geに対し共ドープする金属元素をSn或いはSn'及びAlとしているが、これに限らず、例えばセシウム(Ce)、プラセオジウム(Pr)、テルビウム(Tb)もしくはボロン(

B) の各種金属元素の内の一種もしくは二種以上をGeと共にドープしてもよい。さらに、Geに対し、Snと上記各種金属元素との組み合わせを共ドープしてもよい。

【0043】

【実施例】

<試験例1>

紫外線透過樹脂による一次被覆層4の外側からの紫外線照射により、プラッググレーティングが有効に書き込まれるか否かを調べた。

【0044】

すなわち、GeとSn及びAlとを共ドープしたコア2を有する光ファイバ素線を用い、その光ファイバ素線に対し紫外線透過型樹脂による一次被覆層4を施した光ファイバ心線1にその一次被覆層4の外側から紫外線を照射してプラッググレーティングを書き込んだ試料1と、上記光ファイバ素線のコア2に対し高圧水素充填を施し、その光ファイバ素線に第1実施例と同様の紫外線透過型樹脂による一次被覆層4を施した光ファイバ心線1に対しその一次被覆層4の外側から紫外線を照射してプラッググレーティングを書き込んだ試料2と、この第2実施例と同様の高圧水素充填（水素処理）を施したコア2を有する光ファイバ素線に対し一次被覆層4を施すことなしに紫外線を直接照射してプラッググレーティングを書き込んだ試料3とを作成し、そのプラッググレーティングの反射率と、波長と反射率との関係で表される反射スペクトルにおいて最大反射波長帯域における中心波長とその波長幅とを調べた。

【0045】

以下、具体的に上記の試料1、2、3について説明すると、それぞれ光ファイバ素線は外径125μm、モードフィールド径6.2μm、カットオフ波長1.28μmのものを用い、そのコアに対し、比屈折率差△が0.9%になる程度の量のGeと15000ppmのSnと1000ppmのAlとを共ドープした。そして、試料1は、この光ファイバ素線に対し通常の紫外線硬化型樹脂の透過率に比べ250nm付近の透過特性が10倍以上となるように設定した紫外線透過型樹脂により一次被覆層4を施した。また、試料2は、上記の光ファイバ素線の

コアに対し高圧水素充填を施したもの用い、この光ファイバ素線に対し試料1と同じ紫外線透過型樹脂により一次被覆層4を施した。さらに、試料3は、試料2と同様にコアに対し高圧水素充填を施す一方、一次被覆層4を形成することなしにその光ファイバ素線のままで用いた。なお、上記の高圧水素充填は200気圧の高圧水素を充填した密封容器中に1~2週間の範囲で一定期間封入することにより行った。

【0046】

次に、上記の各試料1, 2, 3に対するフラッググレーティングの書き込みはYAGレーザの4倍波長である266nm, パルス幅10ns, 繰り返し周波数10Hzの紫外レーザ光源を用い、レーザー出射パワー10mWのレンズ系6で集光し位相マスク5を用いた位相マスク法により行った(図1参照)。なお、紫外線照射によるフラッググレーティング21は、共に10mmのグレーティング長のものを形成した。

【0047】

フラッググレーティングの書き込みの結果、上記の各試料1, 2, 3共に1549nm付近を中心波長とするプラケットグレーティングが形成され、それらの反射率及び波長幅は表1の通りであった。

【0048】

【表1】

試料	一次被覆有無	水素処理	グレーティング長	反射率	波長幅
1	有	無	10mm	8%	0.10nm
2	有	有	10mm	80%	0.12nm
3	無	有	10mm	99%	0.15nm

【0049】

表1によれば、一次被覆層4の外側から紫外レーザ光を照射した本発明の実施例である試料1及び2では波長幅が0.10nm及び0.12nmとなっており

、これら試料1及び2では、水素処理（高圧水素充填）の有無に拘らず、一次被覆層4を施さずに光ファイバ素線に対し紫外線レーザ光を照射した試料3の0.15nmと比較しても波長幅は広がってはおらず、このため、紫外レーザ光を一次被覆層4の外側から照射しても、コア2に対しプラッググレーティングの書き込みが有効に行われていると考えられる。特に水素処理を施さなかった試料1においても、反射率が8%と若干劣りはするものの一次被覆層4の外側からの紫外線照射によってプラッググレーティングの書き込みが有効に行われていると考えられる。なお、試料1の反射率が8%と低い値となったのは紫外レーザ光の照射時間が比較的短かったためと考えられる。

【0050】

さらに、上記の試料1及び2に対し所定の負の線膨張係数を有する樹脂により2次被覆層7をそれぞれ施したものを、-20℃～+100℃の範囲で10℃ずつ温度変化を与えて歪み量の測定と、最大反射波長帯域の中心波長の変化（シフト）とを調べた。具体的な試験方法は、有効心線長100mの光ファイバ心線1'を恒温室に入れ、入力端から変調周波数500MHzにより周波数変調した変調光を入力する一方、出力端からの出力光の位相を測定した。そして、入力光と出力光との位相変化量から上記歪み量を求めた。

【0051】

その結果、図7に示すように上記-20℃～+100℃の範囲の温度変化量を受けても、線膨張係数にして1ppm/℃の変化に止まり、温度変化に対する中心波長のシフトも極めて小さいものに抑制することができた。

【0052】

なお、上記の試料1、2の一次被覆層7の形成に用いた紫外線透過樹脂についてその透過特性について調べた結果を図8に示す。これは、20μmの層厚にした上記紫外線透過樹脂について各波長に対する吸収量を調べたものであり、図8に実線で示すようにプラッググレーティングの書き込みに用いられる240nm～270nmの波長域では極めて低い吸収量となってその波長域の紫外線を透過させている一方、240nmよりも短い波長域の紫外線を十分に吸収して硬化反応の促進が図られていることが分かる。

【0053】

<試験例2>

Ge のドープ量を通常濃度にしつつも Sn 等を共ドープすることにより、反射率の増大が図られることの確認を行った。

【0054】

すなわち、通常仕様の濃度の Ge と Sn とを共ドープしたコアに対しブレーリンググレーティングを書き込んだ本発明の実施例としての試料4と、通常仕様の濃度で Ge のみをドープしたコアに対しブレーリンググレーティングを書き込んだ試料5と、通常仕様よりも高濃度の Ge のみをドープしたコアに対しブレーリンググレーティングを書き込んだ試料6とを作成し、反射率の性能比較を行った。

【0055】

以下、具体的に上記の試料4, 5, 6について説明すると、それぞれ光ファイバ素線は外径 $125 \mu m$ 、モードフィールド径 $6 \mu m$ 、カットオフ周波数 $1.3 \mu m$ 程度のものを用い、そのコアに対し、試料4については光ファイバ素線の比屈折率差 Δ が 0.9% になる程度の量の Ge と 10000 ppm の Sn とを共ドープし、比屈折率差 Δ を 1.0% とした。試料5については比屈折率差 Δ が 0.9% になる程度の量の Ge のみを、試料6については比屈折率差 Δ が 2.0% になる程度の量の Ge のみをそれぞれドープした。

【0056】

また、上記の各コアに対し高圧水素充填を施したものと、施さないもの（水素未処理）との2種類を用意し、水素未処理と高圧水素充填との比較をも行った。従って、試料4, 5, 6の水素未処理のものをそれぞれE-1, N-1, H-1 とし、試料4, 5, 6の高圧水素充填のものをそれぞれE-2, N-2, H-2 とする。なお、上記の高圧水素充填は200気圧の高圧水素を充填した密封容器中に1~2週間の範囲で一定期間封入することにより行った。

【0057】

これら試料のE-1, 2, N-1, 2, H-1, 2の各光ファイバ素線に対するブレーリンググレーティングの書き込みは、第1試験例と同様にYAG レーザの4倍波長である 266 nm 、パルス幅 10 ns 、繰り返し周波数 10 Hz の紫外レー

ザ光源を用い、レーザー出射パワー10mWのレンズ系6で集光し位相マスク5を用いた位相マスク法により照射時間を種々変化させて行った（図1参照）。なお、この際、試料E-1, N-1及びH-1についてはグレーティング長がそれぞれ0.3mmのブレッカグレーティングを形成し、試料E-2, N-2及びH-2についてはグレーティング長が2.0mmのブレッカグレーティングを形成した。

【0058】

上記の3種類のドープの違いと、高圧水素充填の有無による6種類の試料E-1, N-1, H-1, E-2, N-2, H-2についての紫外光の照射時間に対する反射率特性を図9に示す。

【0059】

この図9に基づいて水素未処理のものについて比較すると、Geに加えSnを共ドープした試料E-1では照射時間の増加と共に反射率が増大し40分～50分の照射時間でほぼ70%の反射率に到達したのに対し、通常濃度のGeのみをドープした試料N-1では照射時間の増加と共に反射率が増大するものの40分～50分の照射時間で30%前後の反射率までしか到達せず、また、高濃度のGeのみをドープした試料H-1では照射時間の増加と共に反射率が増大し40分～50分の照射時間でほぼ75%の反射率に到達した。

【0060】

従って、高圧水素充填を施さなくても、試料E-1では通常濃度のGeに加えSnを共ドープすることにより、通常濃度のGeのみをドープした試料N-1と比べ大幅に反射率を増大させることができる上に、比屈折率差で2.0%と高濃度のGeをドープした試料H-1とほぼ同等の高反射率を得ることができた。

【0061】

また、高圧水素充填のものについて比較すると、試料E-2では照射の開始直後から反射率が急激に増大し数分の照射時間で95%以上の反射率に到達したのに対し、通常濃度のGeのみをドープした試料N-2では照射時間の増加と共に反射率が増大するものの30分以上の照射時間が経過しないと95%程度の反射率には到達せず、また、高濃度のGeのみをドープした試料H-2では上記試料

E-2よりも僅かに劣るものの試料E-2とほぼ同様の傾向を示した。

【0062】

従って、高圧水素充填を施した場合であっても、試料E-2では通常濃度のGeに加えSnを共ドープすることにより、高濃度のGeをドープした試料H-2とほぼ同等の高反射率を得ることができる上に、通常濃度のGeのみをドープした試料N-2と比べ極めて短時間の紫外光の照射により95%以上という高反射率を得ることができた。

【0063】

なお、上記の試料E-1及びE-2において、共ドープするSnの濃度を上記の如く10000ppmではなく15000ppmにした場合においても、高反射率化の効果は10000ppmにした場合とほぼ同等であった。

【0064】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1記載の発明におけるファイバグレーティングによれば、コア及びクラッドに対し被覆される被覆層を紫外線透過型樹脂により形成するようにしているため、上記被覆層の外側から紫外線を照射してもその紫外線が被覆層を透過してコアまで有効に照射されてそのコアに対しプラックグレーティングを有効に書き込むことができるようになる。従って、プラックグレーティングの書き込みが被覆層を除去することなしに可能であるため、被覆層の除去に伴う伝送特性の悪化を招くことなく、しかも、その被覆層除去の工程を省略して容易にファイバグレーティングの製造を行い得るようになる。

【0065】

請求項2または請求項3記載の発明によれば、紫外線透過型樹脂の被覆層の具体的特定により、請求項1記載の発明による効果を具体的かつ確実に得ができるようになる。特に請求項3記載の発明によれば、プラックグレーティングの書き込みが被覆層の外側からの紫外線照射により可能になると同時に、使用時には被覆層の硬化により保護被覆としての役割を果たさせることができる。

【0066】

また、請求項4記載の発明によれば、請求項1または請求項2記載の発明によ

る効果に加え、共ドープされた Sn によってコアの光誘起屈折率変化を通常濃度の Ge をドープしただけのコアと比べ定常に増大させることができ、この結果、通常濃度の Ge をドープしただけのコアよりも反射率が増大したプラッググレーティングの形成を行うことができるようになる。

【0067】

しかも、Ge ドープの濃度が接続対象の光ファイバのコアと同等であるため、通常仕様の光ファイバと接続しても接続損失の増大を招くこともない。さらに、高圧水素充填を行わなくても、上記の Sn の共ドープによって反射率の増大が定常に得られるため、上記の高圧水素充填を行った場合のプラッググレーティングの形成期間に対する制限を受けることもない。

【0068】

さらに、請求項 5 記載の発明によれば、請求項 1、請求項 2 または請求項 4 のいずれかに記載の発明による効果に加え、温度変化に対する安定性の向上、ひいては機械的強度特性の安定化を図ることができ、これにより、伸縮に起因する反射波長のシフトの防止・抑制を図って確実に同じ反射機能の維持ができる、信頼性の高いファイバグレーティングを提供し得ることになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態におけるプラッググレーティングの書き込み法を示す模式図である。

【図 2】

図 1 の光ファイバ心線に対しさらに 2 次被覆層を施した光ファイバ心線の横断面図である。

【図 3】

2 次被覆層の必要線膨張係数を断面積、ヤング率との関係で示す図である。

【図 4】

実施形態の用途を示す模式図である。

【図 5】

図 4 とは異なる用途を示す模式図である。

【図6】

図4及び図5とは異なる用途を示す模式図である。

【図7】

温度変化に対する歪み変化量及び位相変化量の特性を示す図である。

【図8】

波長に対する吸収量の特性を示す図である。

【図9】

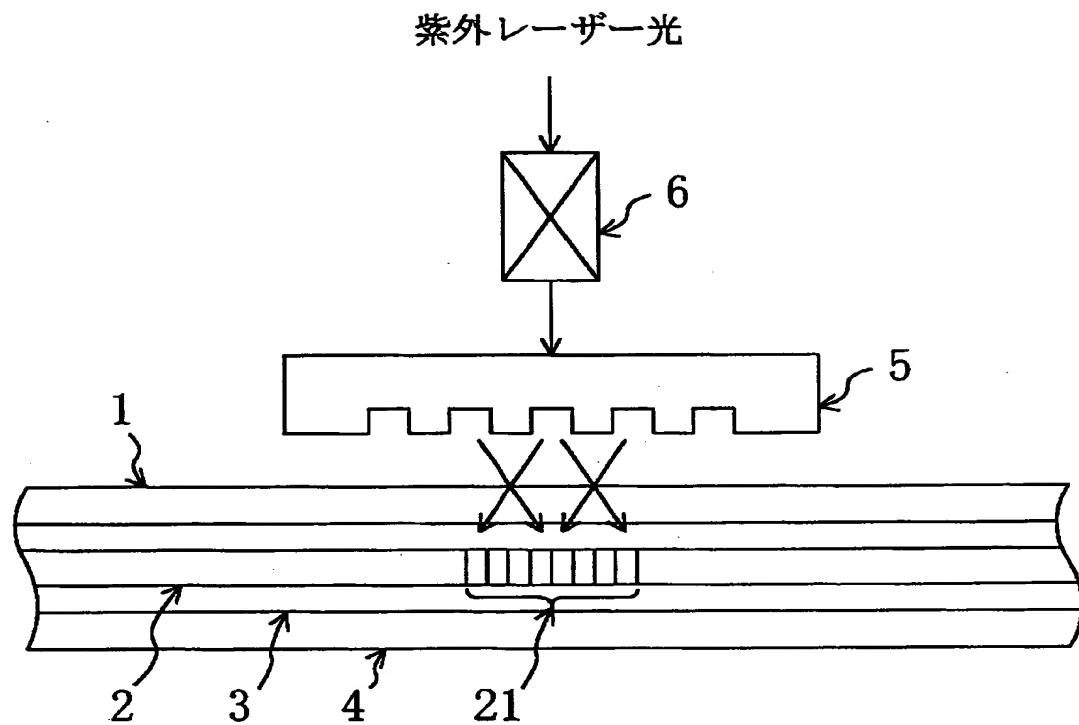
各種ファイバグレーティングの紫外光の照射時間に対する反射率特性を示す図である。

【符号の説明】

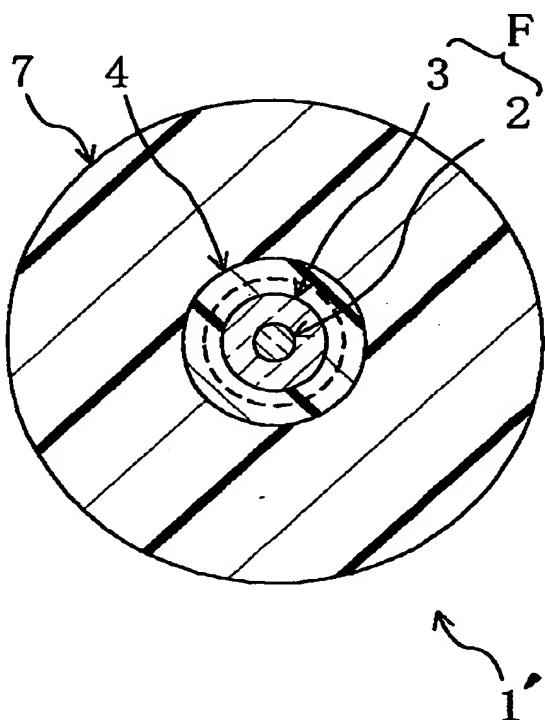
1, 1'	光ファイバ心線（書き込み対象の光ファイバ）
2	コア
3	クラッド
4	一次被覆層（紫外線透過型樹脂の被覆層）
7	2次被覆層
21, 21'	プラッググレーティング
F	ガラス部

【書類名】 図面

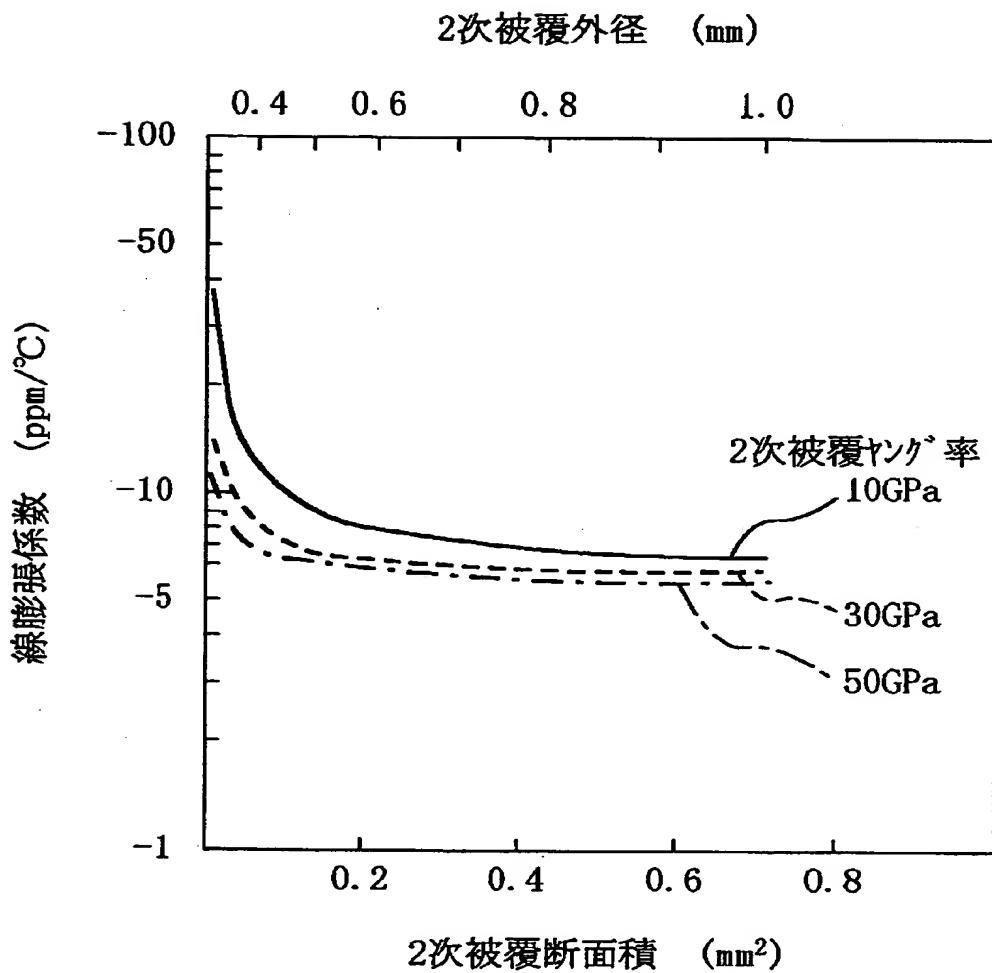
【図1】



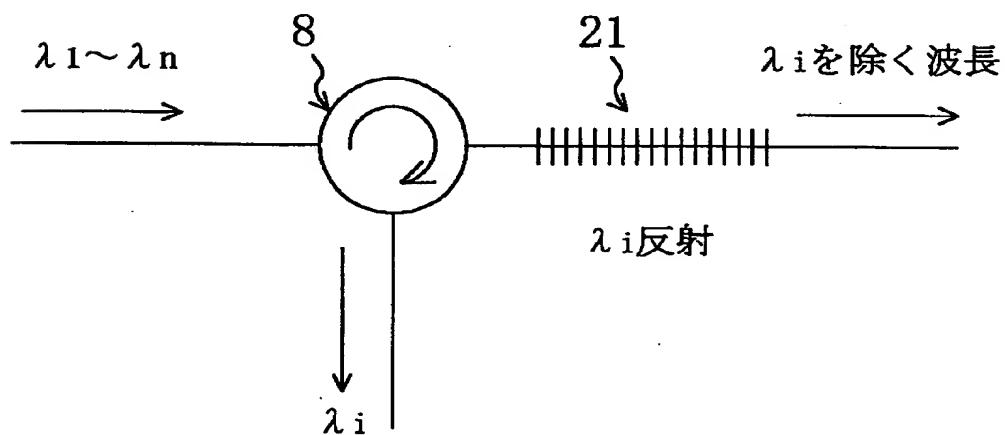
【図2】



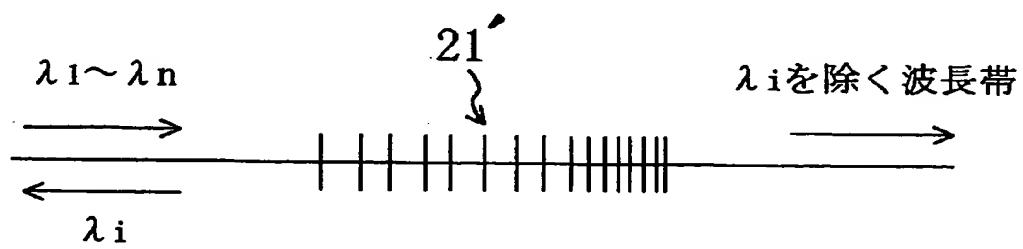
【図3】



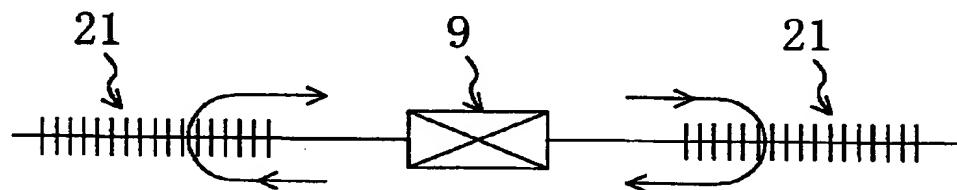
【図4】



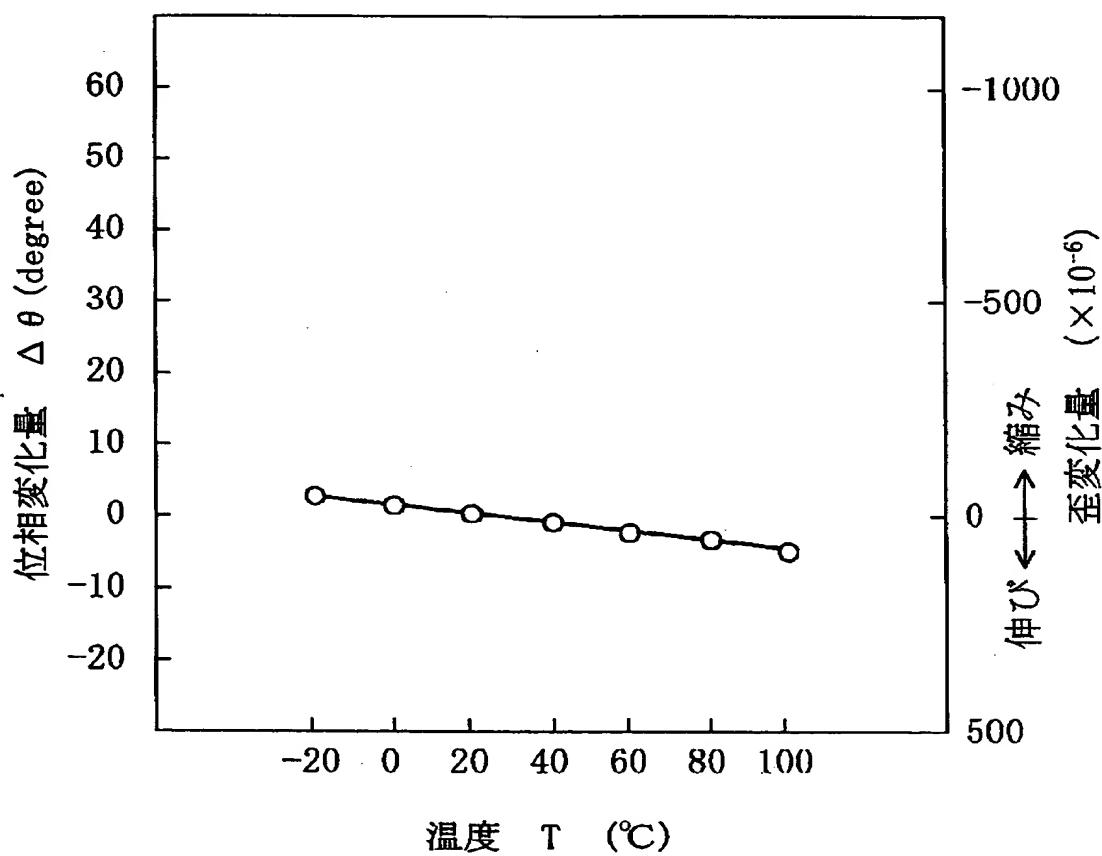
【図5】



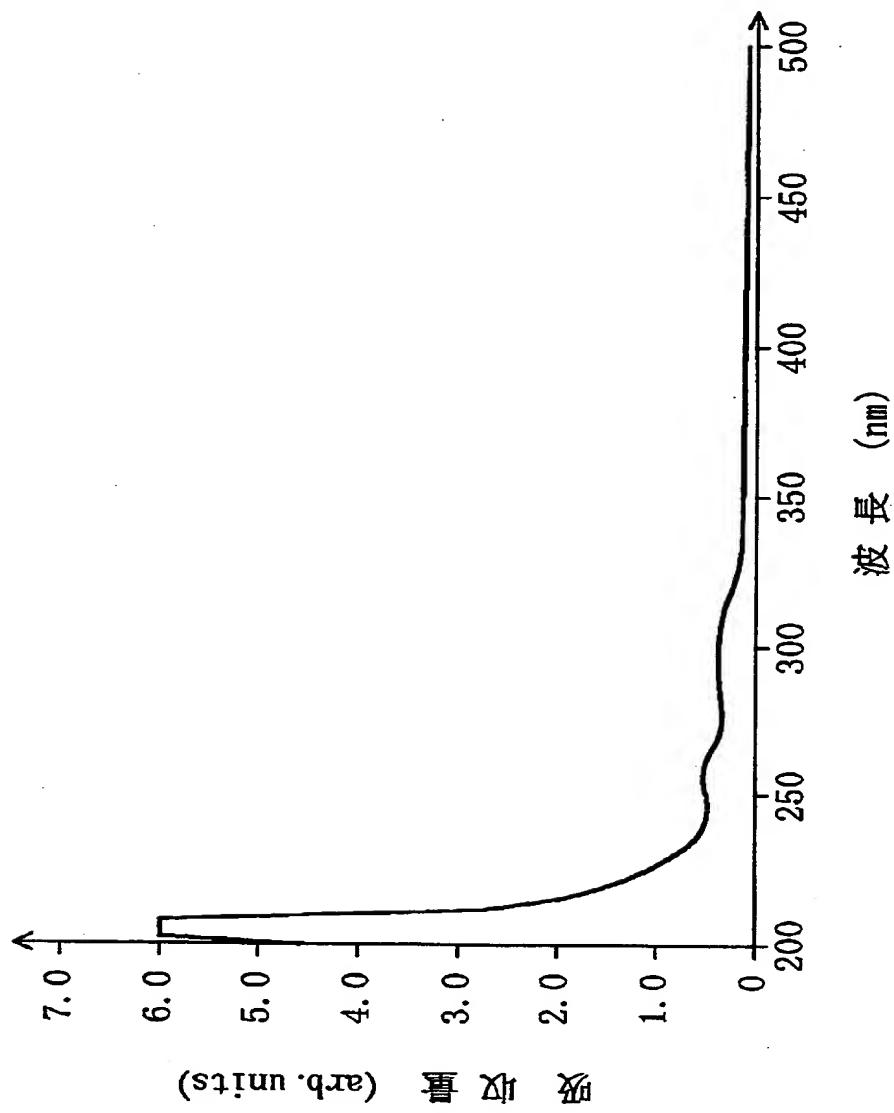
【図6】



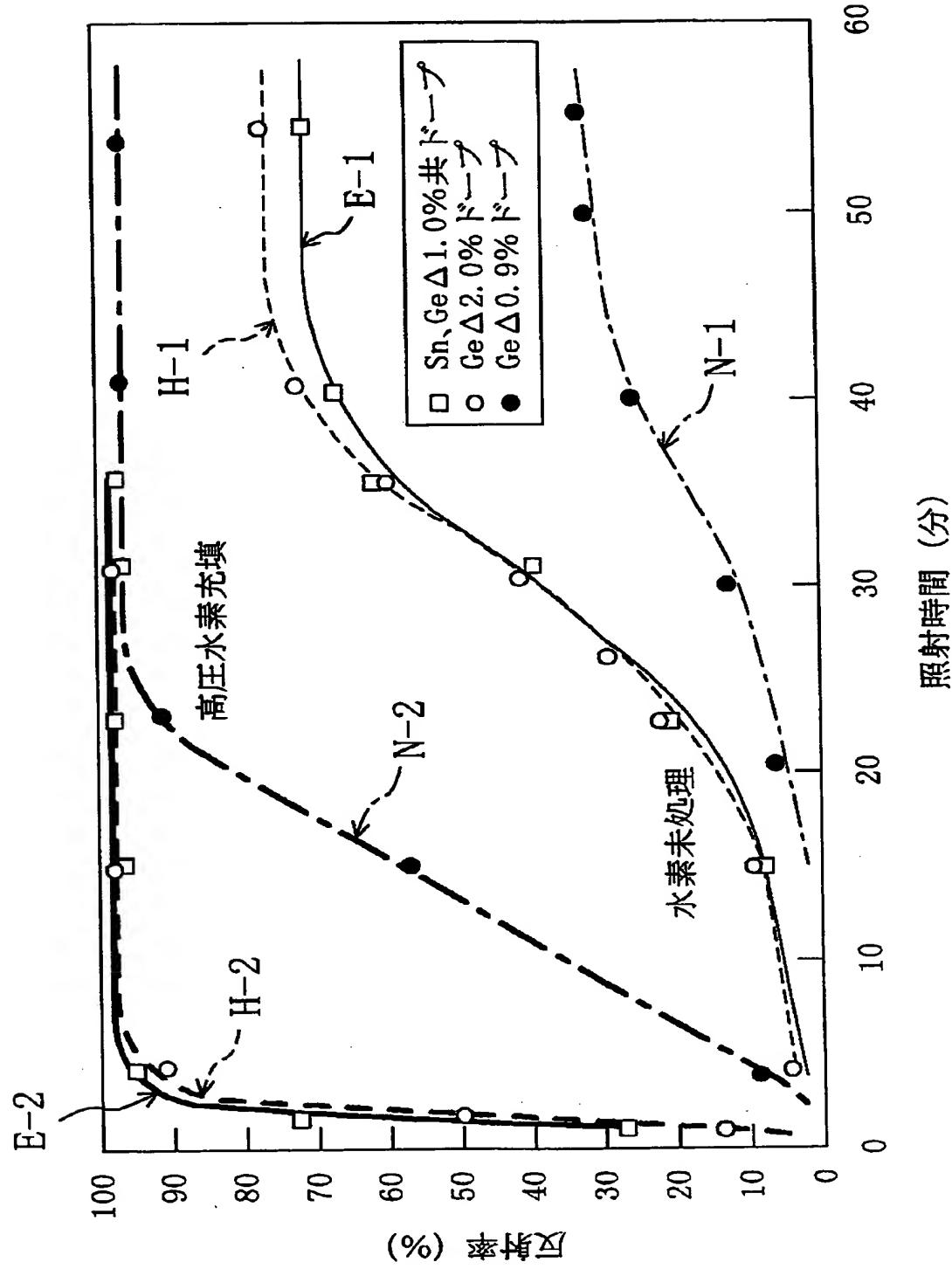
【図7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 伝送特性の悪化を招くことなく容易にプラッググレーティングの書き込みを可能とし、加えて、伝送特性の安定化のみならず温度特性の安定化をも図り得て信頼性の高いファイバグレーティングを提供する。

【解決手段】 コア2として、接続対象の光ファイバのコアと同等の通常濃度のGeに加え、所定濃度のS_n及びA₁を共ドープしたものを用いる。コア及びクラッド3のガラス部Fに対し、240nm～270nmの紫外線を透過する一方、240nmよりも短い波長域または270nmよりも長い波長域の紫外線を吸収して硬化する紫外線透過型樹脂により一次被覆層4を施す。一次被覆層の外側から紫外線を照射してコアに対しプラッググレーティングの書き込みを行う。一次被覆層に対し、温度変化に伴いガラス部の正の線膨張係数に起因する伸び縮みを打ち消して抑制するよう負の線膨張係数を有する樹脂により2次被覆層7を施す。

【選択図】 図2

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000003263
【住所又は居所】 兵庫県尼崎市東向島西之町 8 番地
【氏名又は名称】 三菱電線工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931
【住所又は居所】 大阪府大阪市西区鞠本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル
前田特許事務所

前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134
【住所又は居所】 大阪府大阪市西区鞠本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル
前田特許事務所

小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100107445
【住所又は居所】 大阪府大阪市西区鞠本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル
前田特許事務所

小根田 一郎

出願人履歴情報

識別番号 [000003263]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

氏 名 三菱電線工業株式会社

